

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

Кафедра Технологии строительства

Диденкул А.С.
Овчаренко Н.С.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта на тему:
«Возведение железобетонных монолитных
конструкций в зимних условиях»

Кишинэу
2007

Представленные методические указания предназначены для студентов, изучающих дисциплину «Технология возведения монолитных железобетонных конструкций в экстремальных условиях» и преследуют цель практического ознакомления с методикой расчёта температурных и временных режимов подготовки мерзлого грунтового основания под фундаменты и бетонирования монолитных ж/б конструкций в условиях отрицательных температур методом термоса.

Методические указания содержат в достаточном объёме справочную и нормативную информацию, необходимую для выполнения курсового проекта, и перечень рекомендуемой литературы.

Методические указания составлены в соответствии с требованиями действующих стандартов и рабочей программы по данной дисциплине. Изложены они техническим языком и принятой в строительстве терминологией, в понятной и доступной форме.

Составители: доцент Диденкул А.С.
старший преподаватель Овчаренко Н.С.

Рецензент: конф. унив. др. Дохмилэ Ю.

©U.T.M. 2007

ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ КУРСОВОГО ПРОЕКТА

Цель курсового проекта – овладение основами разработки технологической карты на возведение монолитных ЖБК в экстремальных условиях.

В процессе разработки курсового проекта студенты последовательно решают следующие задачи:

- разрабатывают технологическую схему подготовки мерзлого основания;
- разрабатывают технологические схемы подготовки и монтажа опалубки и установки арматурных каркасов;
- разрабатывают технологические схемы транспортировки, подачи, укладки в опалубку и уплотнения бетонных смесей, а также подготовки свежееизготовленной бетонной конструкции к выдержке ее методом термоса;
- разрабатывают калькуляцию трудовых затрат, график производства работ и определяют основные показатели технологической карты.

Исходными данными для разработки технологической карты служат показатели, приведенные в индивидуальном задании на проектирование, а также приведенные в справочной литературе и данных методических указаний.

В процессе разработки технологической карты необходимо выполнить следующие расчеты:

- 1). Выбор способа и времени отогрева грунтовых оснований.
- 2). Требуемой температуры бетонной смеси на выходе из бетоносмесителя.
- 3). Продолжительность остывания бетона, твердеющего в условиях «термоса», до времени достижения этим бетоном критической прочности.

Данные методические указания распространяются на выполнение расчетов, приведенных выше. Для разработки технологических схем необходимо воспользоваться ранее

известными методическими указаниями для курсовой работы «Технология возведения нулевого цикла здания».

«ВОЗВЕДЕНИЕ МОНОЛИТНЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ЭКСТРЕМАЛЬНЫХ УСЛОВИЯХ»

Зимними условиями бетонирования считаются при снижении среднесуточной температуры наружного воздуха не выше 5°C с переходом ее в течении суток через 0°C .

Во избежание недобора прочности и ухудшения других строительно-технических свойств бетона его прочность перед замораживанием должна быть не менее:

- для бетонов без противоморозных добавок – 50, 40 и 30% марочной при классах бетонов соответственно В12,5; В15; В22,5 и выше;

- для конструкций, подвергающихся по окончании выдерживания попеременно замораживанию и оттаиванию – 70% марочной;

- для преднапряженных конструкций – 80% марочной.

Возведение железобетонных конструкций может быть осуществлено, как правило, с использованием нескольких способов зимнего бетонирования.

Наиболее широко применяемые способы зимнего бетонирования приведены в таблице 1.

Таблица 1

Способ	Область применения		Ориентировочные дополнительные затраты на 1 м^3 бетона		Дополнительные сведения
	по модулю поверхности конструкций	по температуре наружного воздуха, $^{\circ}\text{C}$	энергии, тыс. кДж	труда, чел.-ч.	

Продолжение таблицы 1

Термос	До 2 До 6	До -20 До-10	237	1,7...2,1 4	Наиболее простой способ в производстве работ.
Термос с добавками – ускорителями или с противоморозными добавками	До 5 До 8	До -40 До-20	-	1,6...2,2	Необходимость в эффективном утеплителе Необходимость приготовления бетона с противоморозной добавкой. Простота производства работ на строительной площадке.
Противоморозные добавки	ограничений	До -20 или - 25	88	1,8....2,2	Замедленные темпы твердения бетона. Необходимость приготовления бетона с противоморозными добавками.
Предварительный электроразогрев бетонной смеси	До 4 До 12	До – 25 До - 5	188	2,2...2,9	Простота производства работ на строительной площадке. Потребность в больших электрических мощностях.

Продолжение таблицы 1

Сквозной электропрогрев с применением стержневых электродов	Без ограничений	Без ограничений	175	7,1...8,6	Наиболее распространенный способ
Периферийный электропрогрев с применением полосовых электродов	Без ограничений	Без ограничений	175	4,8...5,9	Простота производства работ на строительной площадке
Обогрев в термоактивной опалубке	Без ограничений	Без ограничений	175	4...4,8	Наибольшая простота производства работ на строительной площадке по сравнению с другими способами электрообработки бетона в конструкции

Примечание. В таблице приведены данные для конструкций с модулем поверхности 4...6 в опалубке с коэффициентом теплопередачи 3,6 Вт/(м²°С), при температуре наружного воздуха – 15...20 °С, приобретаемая бетоном прочность 70% марочной.

Во всех случаях неопалубленную поверхность свежееуложенного бетона укрывают гидроизоляционным рулонным материалом (полимерная пленка, рубероид), поверх которого укладывают утеплитель.

Кинетика роста прочности бетона в зависимости от температурного режима твердения приведена на рис. 1. По ним ориентировочно можно определить достигнута ли критическая

прочность бетона к моменту распалубки, а в последующем и замораживанию конструкций.

Температура грунтового или искусственного основания перед бетонированием должна исключать возможность замерзания бетона на контакте с ним в процессе выдерживания до приобретения им заданной прочности.

Обогрев замороженного основания производят при пучинистом грунтовом основании на глубину не менее 0,5 м, при непучинистом или искусственном основании – на глубину не менее 0,3 м. Размеры отогреваемого участка основания должны быть на 800-1000 мм больше с каждой стороны размеров в плане бетонируемой конструкции.

Искусственные и грунтовые основания отогревают при помощи: термоактивных щитов греющей опалубки или термоактивных гибких покрытий, укладываемых рабочей поверхностью вниз; горячим воздухом (с температурой не более 150 °С при отогреве бетонного основания) от теплогенераторов, работающих на жидком топливе; вертикальными стержневыми электродами, забиваемыми в грунт на глубину промерзания или ниже, если она не превышает 0,6 м, на расстоянии друг от друга (подключенных к разным фазам) равном 0,4-0,5 м; огневым способом с помощью жидкостно-топливных нагревателей. Технологические показатели способов отогрева замороженных суглинистых оснований с влажностью 15% приведены в таблице 2.

Таблица 2

Технологические показатели разных способов отогрева замороженных оснований (на $h > 0,5$ м)

Способы отогрева грунта	Требуемая электрическая мощность, кВт на 1 м ³ основания	Расход энергии или топлива на 1 м ³ грунта или искусственного основания на глубину > 0,3 м
-------------------------	---	---

Продолжение таблицы 2

Щиты греющей опалубки или термоактивные гибкие покрытия	1...2	20...23 кВт-г
Теплогенераторы на жидком топливе	-	14 кг
Вертикальные электроды глубинные	1...2	18...20 кВт-г
Вертикальные электроды в толще мерзлого грунта	1...2	44...48 кВт-г
Плоские жидкостно-топливные нагреватели	-	9 кг

Литература. Справочник строителя. Бетонные и железобетонные работы. Табл.6.2 суглинистый грунт с $\omega=15\%$.

Время отогрева грунтовых оснований термоактивной опалубкой принимается ориентировочно по таблице 3.

Таблица. 3
Ориентировочное время оттаивания и отогрева
грунтовых оснований нормальной влажности до
температуры на поверхности 5...10 °С, ч

Температура наружного воздуха, °С	Глубина промерзания, мм	Мощность нагревателей, Вт/м ²			
		1000	1200	1500	2000
		Средняя температура на палубе, °С			
		40	60	70	85
Песчаные и супесчаные основания					
До - 15	300	7	5	4,5	4
	500	9	7	6	5
	700	10	8	7	6
	1000	15	11	10	9
До-25	500	11	9	8	7
	700	12	10	9	8
	1000	19	14	12	11
	1200	22	17	14	13

Продолжение таблицы 3

До - 35	500	12	9	8	7
	700	14	11	9	8
	1000	19	15	13	11
	1200	24	18	16	15
	1500	30	23	21	19
Глинистые и суглинистые основания					
До - 15	300	6	5	4	3
	500	8	7	5	4
	700	9	8	6	5
	1000	13	11	10	9
До-25	500	9	7	6	5
	700	11	9	8	7
	1000	16	12	10	9
	1200	19	14	12	11
	1500	23	18	15	14
До - 35	500	10	8	7	6
	700	12	9	8	7
	1000	16	13	11	10
	1200	20	16	14	13
	1500	25	19	17	16

При радиальном методе оттаивания мерзлых грунтов используются электрические иглы различных конструкций и трубчатые электронагреватели. При глубинном оттаивании (метод «снизу вверх») используются вертикальные глубинные электроды и электроиглы с нижним нагревом.

Одним из наиболее распространенных методов радиального оттаивания являются оттаивание электрическими иглами. Существуют различные конструкции электроиглы, которые в основном различаются по их мощности и температуре.

Электроигла представляет собой цельнотянутую стальную трубу диаметром 42-60 мм и длиной 1200-1500 мм, в которой вставлена электронагревательная нихромовая спираль засыпанная чистым кварцевым песком. Радиус оттаивания

иглы 0,3-0,4 м, время оттаивания 10-12 ч., глубина оттаивания 1,5 м, электроемкость оттаивания 30-35 квт ч/м³. Электроигла с нижним нагревом имеет в нижней части иглы длиной 500 мм шесть секций спирали, что позволяет их использовать при оттаивании грунта на глубину менее длины самой электроиглы (1200-1500 мм).

Время оттаивания грунта иглами определяется по формуле В.В. Магинского:

$$\tau = \frac{0,2d_u^2}{dKd_u^{0,75}},$$

где d_u - диаметр прогретого цилиндра грунта за время τ ;

d - коэффициент температуропроводности грунта;

K - коэффициент теплопередачи между теплоносителем и грунтом; при расчетах его можно принимать: для сухих прослоек равным 30 ккал/м²ч, для мокрых- 50 ккал/м²ч;

d_u - диаметр иглы.

Пример. Определить время оттаивания грунта иглой при следующих условиях:

- влажность грунта 20% по массе;

- коэффициент теплопроводности грунта $\lambda = 2 \frac{\text{ккал}}{\text{м} \cdot \text{ч} \cdot \text{град}}$;

- плотность грунта $\gamma = 1800 \text{кг} / \text{м}^3$;

- удельная теплоемкость сухого грунта $C = 0,2 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$;

- средняя начальная температура по высоте иглы $t_n = -1^{\circ} \text{C}$;

- диаметр иглы =0,025 м;

- коэффициент иглы $t_u = 40^0 C$;
- массовая доля незамерзшей влаги в грунте $\varepsilon_{н.в.} = 0,2$;
- массовая доля замерзшей воды в грунте $\varepsilon_{з.в.} = 0,8$.

Определяем усредненную удельную теплоемкость грунта C_y по формуле

$$C_y = C(1 - \varepsilon_{н.в.}) + \varepsilon_{н.в.} \left[1 + \frac{80 + 0,5t_n}{t_k - t_z} \varepsilon_{з.в.} \right] \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}},$$

где t_k - температура грунта как средняя параболическая между -1^0 и $40^0 C$; по кругу равна $(40-1)/3=13^0 C$

$$C_y = 0,22(1 - 0,2) + 0,2 \left[1 + \frac{80 + 0,5(-1)}{13 + 1} \cdot 0,8 \right] = 0,944 \frac{\text{ккал}}{\text{кг} \cdot \text{град}}$$

Определяем коэффициент температуропроводности грунта (или утеплителя) по формуле

$$\alpha = \lambda / C_y \gamma,$$

где C_y - удельная теплоемкость грунта в ккал/кг град;

γ - объемная масса грунта, кг/м³;

λ - коэффициент теплопроводности мерзлых грунтов (см. табл.) $\lambda = 1,98$ кг.

$$\alpha = 2 / 1800 \cdot 0,944 = 0,0012$$

Определяем время оттаивания грунта

$$\tau = 0,2 \frac{0,6^2}{0,0012 \cdot 30 \cdot 0,025^{0,75}} = 34,7 \text{ часа}$$

Требуемая температура свежееуложенного бетона в конструкции перед началом выдерживания должна быть не менее:

- при термосном выдерживании – определяемой расчетом для достижения бетоном заданной прочности в процессе остывания;

- при использовании бетонов с противоморозными добавками – на 5 °С выше температуры замерзания жидкой фазы бетона, т.е. содержащейся в бетоне воды с добавками;

- при всех способах электротермообработки бетона в конструкции и паробогрее - + 2 °С.

Требуемая температура бетонной смеси на выходе из смесителя определяется по формуле (при температуре наружного воздуха ниже 0 °С).

$$t_{см} = (t_{бн} - t_{нв} \sum \Delta t) / (1 - \sum \Delta t),$$

где $t_{нв}$ - температура наружного воздуха, °С;

$t_{бн}$ - температура бетона в начале бетонирования, °С;

Δt – суммарное относительное снижение температуры бетонной смеси при всех операциях от выгрузки из смесителя в транспорт до окончания укладки, укрытия и утепления неопалубленной поверхности свежешелюженного бетона, °С/(°С-мин).

Относительное снижение температуры смеси в процессе выполнения операции $\Delta t = \Delta t' \tau$, где $\Delta t'$ - относительное снижение средней температуры бетонной смеси при конкретной операции в течении 1 мин при разнице температур смеси и наружного воздуха 1 °С, °С/(°С= мин); τ – продолжительность операции, мин.

Величина $\Delta t'$ при транспортировании бетонной смеси составляет, °С/(°С мин):

- самосвалами ЗИЛ 555 (2м³)- 0,003; МАЗ-503 (3,2 м³)- 0,0025;

- автобетоносмесителями С-1036 (2,5 м³) – 0,0024; СБ-92 (3,5 м³)-0,0019; АМ-65Н (5м³)-0,0014; АМ-65Н (5м³)- 0,0004;

- в поворотных бункерах краном – 0,0022Н (Н-высота подъема бункера;

- при каждой погрузке или перегрузке – 0,032.

Таблица 4

При укладке бетонной смеси в конструкцию и ее уплотнении $\Delta t'$ зависит от толщины конструкции.

Толщина конструкции, м	0,06	0,1	0,15	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6
$\Delta t'$ °C/°C мин	0,03	0,018	0,012	0,009	0,007	0,006	0,004	0,003

Сущность термосного выдерживания бетона заключается в нагревании бетона за счет подогрева заполнителей и воды и использования тепла, выделяющегося при твердении цемента, для приобретения бетоном заданной прочности в процессе его медленного остывания в утепленной опалубке.

Первая задача термосного выдерживания бетона - определяется продолжительность остывания конструкции и прочность бетона к моменту остывания (при известной конструкции опалубки). Для решения этой задачи необходимо рассчитать:

1. объем бетонируемой конструкции, м³;
2. величину поверхности охлаждения конструкции, для чего суммируют площади поверхностей, соприкасающихся с охлаждающим конструкцию наружным воздухом, м²;
3. модуль поверхности конструкции, м⁻¹, $M_p = F/V$
4. начальное теплосодержание бетона, кДж.

$$Q_1 = C_6 \gamma_1 V t_{6.н.} \quad (1)$$

Где C_6 – удельная теплоемкость бетона, равная 1,05 кДж/(кг °C);

γ_1 – плотность железобетона-2500 кг/м³;

V – объем бетона в одном фундаменте, м³;

$t_{6.н.}$ – начальная температура бетона, °C (принимается по условию задачи)

5. температуру системы «бетон+ арматура»
- $$t' = (C_6 \gamma_1 t_{6.н.} + C_3 P_1 t_4) / (C_6 \gamma_1 + C_3 P_1), \quad (2)$$

где C_3 -теплоемкость арматурной стали, кДж/(кг $^{\circ}$ С);
(табл.5)

P_1 - расход стали на 1 м³ бетона, кг/ м³ (принимается по условию задачи);

t_4 - температура арматурной стали, численно равна температуре наружного воздуха (принимается по условию задачи); обозначение остальных символов приведено выше;

6. количество тепла, расходуемое на нагрев арматуры, кДж,

$$Q_2 = C_3 P_1 V (t' - t_4); \quad (3)$$

7. расчетную температуру нагрева опалубки, $^{\circ}$ С,

$$t_{оп}^p = (t' + t_{нв})/2; \quad (4)$$

8. тепло, расходуемое на нагрев опалубки, кДж,

$$Q_3 = C_2 F_{охл} \delta_1 \gamma_2 (t_{оп}^p - t_4), \quad (5)$$

Где C_2 –удельная теплоемкость дерева, из которого выполнена опалубка, кДж/(кг $^{\circ}$ С), (см. табл.5);

$F_{охл}$ - площадь охлаждаемой поверхности, м²;

δ_1 - толщина опалубки, м;

γ_2 - объемная масса дерева, кг/м³ (см. табл.5);

9. температуру бетона к началу остывания конструкции

$$t_{б.н} = [Q_1 - (Q_2 + Q_3)] / C_6 \gamma_1 V; \quad (6)$$

10. среднюю температуру твердения бетона за время остывания конструкции

$$t_{б.ср.} = t_{б.к} + (t_{б.н} - t_{б.к}) / (1,03 + 0,181 M_{п} + 0,006 (t_{б.н} - t_{б.к})) \quad (7)$$

где $t_{б.к}$ -температура бетона к концу остывания, $^{\circ}$ С, задается условием задачи;

11. значение коэффициента теплопередачи опалубки, Вт/(м² $^{\circ}$ С),

$$K = 1 / \left(\frac{1}{\alpha} + \sum_{i=1}^{i=n} \frac{\delta_i}{\lambda_i} \right), \quad (8)$$

где α -коэффициент теплопередачи у наружной поверхности ограждения, Вт/(м² °С), зависящий от скорости ветра (определяется по табл.6),

δ_i -толщина опалубки или утеплителя, м;

λ_i -коэффициент теплопроводности материала опалубки или утеплителя (см. табл.5)

12. продолжительность остывания конструкции без учета влияния экзотермии цемента

$$\tau' = [C_b \gamma (t_{б.н} - t_{б.к})] / [3,6 K M_n (t_{б.ср} - t_{н.в.})]; \quad (9)$$

13. величину (см. табл.7) тепловыделения (Э) цемента за время τ' при средней температуре твердения бетона $t_{б.ср}$;

14. продолжительность остывания конструкции с учетом влияния экзотермии цемента

$$\tau = [C_b \gamma_b (t_{б.н} - t_{б.к}) + \sum \Delta] / [3,6 K M_n (t_{б.ср} - t_{н.в.})]; \quad (10)$$

15. прочность бетона, которую он наберет за время τ при средней температуре твердения бетона $t_{б.ср}$ (табл. 8)

Таблица.5

Теплофизическая характеристика строительных и теплоизоляционных материалов

Материал	Объемная масса в сухом состоянии, кг/м ³	Коэффициент теплопроводности в сухом состоянии Вт/(м °С)	Расчетная величина коэффициента теплопроводности Вт/(м °С)	Удельная теплоемкость в сухом состоянии кДж/(кг °С)
Железобетон	2500	1,68	2,03	0,84
Бетон на гравии или щебне из природного камня	2400	1,56	1,86	0,84
Шлакобетон и бетон на аглоперите	1800	0,7	0,93	0,84
То же	800	0,23	0,35	0,84
Керамзитобетон	1600	0,52	0,75	0,84

Продолжение таблицы 5 |

То же	600	0,16	0,23	0,84
Шлак	600	0,14	0,29	-
То же	800	0,17	0,34	-
Вата минеральная	100	0,04	0,49	0,76
То же	150	0,05	0,06	0,76
Плиты мягкие, полужесткие и жесткие минераловатные				
На синтетическом связующем	100	0,046	0,052	0,76
На битумном связующем	200	0,058	0,067	0,92
То же	300	0,069	0,081	0,92
То же	100	0,046	0,062	0,92
Плиты минераловатные	100	0,044	0,048	0,76
То же	200	0,053	0,06	0,76
Маты минераловатные рулонированные на синтетическом связующем	50	0,039	0,046	0,75
То же	75	0,043	0,049	0,76
Маты и полосы из стеклянного волокна	175	0,049	0,056	0,84
Хвойные породы дерева поперек волокон	550	0,093	0,17	2,52

Продолжение таблицы 5

Лиственные породы дерева поперек волокон	700	0,104	0,23	2,52
Фанера клееная	600	0,116	0,17	2,52
Плиты древесноволокнистые и древесностружечные	1000	0,15	0,29	2,1
То же	600	0,104	0,16	2,1
«	400	0,081	0,14	2,1
«	200	0,058	0,08	2,1
Опилки	250	0,069	0,24	-
Оргалит	300	0,064	0,16	-
Пенопласт плиточный	200	0,049	0,147	-
То же	100	0,041	0,043	1,34
«	150	0,046	0,049	1,34
Мипора	15	0,041	0,052	1,34
Картон строительный многослойный	650	0,12	0,17	1,34
Рубероид, пергамин, толь кровельные	600	0,17	0,17	1,47
Сталь	7600	52		0,48
Снег рыхлый, сухой	300	0,29	-	2,1

Таблица 6

Значения α в зависимости от скорости ветра

Скорость ветра, м/с	α Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$)	Скорость ветра м/с	α Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$)	Скорость ветра м/с	α Вт/($m^2 \cdot ^\circ C$)
0	3,77	3	14,69	10	33,18
1	3,88	5	26,56	15	43,15

Таблица 7

**Тепловыделение цемента (Э) различных видов и марок
в зависимости от температуры и времени твердения**

Вид и марка цемента	Температура, °С	Тепловыделение цемента, кДж/кг, при времени их твердения, сут							
		0,25	0,5	1	2	3	7	14	28
Портландцемент марки 300	5	-	-	25	58	84	167	209	230
	10	8	25	42	84	126	188	230	272
	20	25	42	75	126	167	230	251	293
	40	50	84	147	188	230	251	293	-
	60	83	147	188	230	272	298	-	-
Портландцемент марки 400	5	-	-	29	63	109	188	209	251
	10	12	25	50	105	146	209	251	293
	20	42	67	105	167	209	272	314	335
	40	84	134	188	230	272	314	335	-
	60	130	188	230	272	314	335	-	-
Портландцемент марок 500,600	5	12	25	42	89	125	188	230	272
	10	25	42	63	105	167	251	293	314
	20	42	84	125	188	251	292	335	377
	40	105	167	209	272	293	356	377	-
	60	188	230	272	314	356	377	-	-
Портландцемент быстротвердующей марки 600	5	25	33	50	105	147	209	251	314
	10	33	50	75	125	167	293	335	377
	20	63	105	147	209	293	335	377	419
	40	117	188	230	293	335	377	419	-
	60	209	251	293	335	377	419	-	-
Шлакопортландцемент и пуццолановый портландцемент марки 300	5	-	12	25	42	63	126	167	188
	10	-	25	33	63	105	167	209	230
	20	-	33	62	125	147	209	251	272
	40	42	75	117	167	209	251	272	-
	60	63	105	147	209	230	272	-	-

Таблица 8 а
Наращение прочности бетона класса В15-В22,5 на
портландцементе марки 400 (% от R₂₈)

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °С							
	0	5	10	20	30	40	50	60
0,5	-	4	5	12	17	28	38	50
1	-	9	12	23	35	45	55	63
2	-	19	25	40	55	65	75	80
3	-	27	37	50	65	77	85	-
5	-	38	50	65	78	90	-	-
7	35	48	58	75	87	98	-	-
14	50	62	72	87	100	-	-	-
28	65	77	85	100	-	-	-	-

Таблица 8 б

Наращение прочности бетона класса В15 на
портландцементе марки 300 (% от R₂₈)

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °С							
	0	5	10	20	30	40	50	60
0,5	-	2	5	8	15	20	-	-
1	-	6	10	18	27	36	45	52
2	-	12	18	30	43	55	65	72
3	-	20	25	40	52	65	75	-
5	-	30	40	55	65	78	-	-
7	-	38	48	64	74	85	-	-
14	40	52	64	80	90	100	-	-
28	55	68	80	100	-	-	-	-

Таблица 8 в

**Наращение прочности бетона класса В30
на портландцементе марки 500 (% от R₂₈)**

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °С							
	0	5	10	20	30	40	50	60
1	-	12	18	28	40	55	65	70
2	-	22	32	50	63	75	85	90
3	-	32	45	60	74	85	92	98
5	32	45	58	74	85	96	-	-
7	40	55	66	82	92	100	-	-
14	57	70	80	92	100	-	-	-
28	70	90	90	100	-	-	-	-

Таблица 8 г

**Наращение прочности бетона класса В15-В22,5
на портландцементе марки 400 (% от R₂₈)**

Возраст бетона, сут	Средняя температура твердения бетона, °С							
	0	5	10	20	30	40	50	60
0,5	-	2	4	7	20	25	32	42
1	-	6	10	16	30	40	50	65
2	-	12	18	30	40	60	75	90
3	-	18	25	40	55	70	90	-
5	-	27	35	55	65	85	-	-
7	-	34	43	65	70	92	-	-
14	35	50	60	80	96	100	-	-
28	45	65	80	100	-	-	-	-

Вторая задача термосного выдерживания бетона – подбор конструкции опалубки для обеспечения требуемых условий твердения бетона. Для решения этой задачи необходимо рассчитать:

1. объем бетонируемой конструкции V , м³;

2. поверхность охлаждения бетонируемой конструкции $F, м^2$;
3. модуль поверхности бетонируемой конструкции $м^{-1}$, $M_{п}=F/V$;
4. температуру бетона с учетом тепла, израсходованного бетоном на нагрев арматуры $^{\circ}C$, по формуле (2)

$$t'_{б.н.} = (C_б \gamma_1 t_{б.н.} + C_3 P_1 t_4) / (C_б \gamma_1 + C_3 P_1),$$
5. среднюю температуру твердения бетона в процессе его остывания в течение 3 сут. по табл.8а-8г, зная требуемую прочность бетона в конце его остывания или по формуле (7)
6. экзотермию цемента по известным данным о средней температуре твердения бетона $t_{б.ср}$ и времени твердения бетона (см. табл.7)
7. расчетный коэффициент теплопередачи опалубки и утеплителя

$$K_p = [C_б \gamma (t' - t_{б.к}) + \Pi \Sigma] / [\tau M_{п} (t_{б.ср} - t_{н.в.})];$$
8. ориентировочно назначают конструкцию опалубки (табл.9), соблюдая условие $K_p \geq K_{табл}$;
9. если расчетный коэффициент теплопередачи значительно отличается от табличного, то требуемую толщину слоя теплоизоляции находят по формуле

$$\delta_{из} = \lambda_{из} \left[\frac{1}{K_p} - \sum \frac{\delta_{он}}{\lambda_{он}} \right]$$

где $\lambda_{из}$ - коэффициент теплопроводности изоляционного материала, Вт/(м⁰С),

K_p - расчетный коэффициент теплопередачи, Вт/(м²°С),

$\delta_{он}$ и $\lambda_{он}$ - соответственно толщина и коэффициент теплопроводности отдельных слоев опалубки.

Например, опалубка может состоять из слоя досок, прокладки толя, слоя минеральной ваты и слоя фанеры. В таком случае нужно суммировать отношения толщин соответствующих слоев к их коэффициентам теплопроводности

$$\sum \frac{\delta_{on}}{\lambda_{on}} = \frac{\delta_d}{\lambda_d} + \frac{\delta_t}{\lambda_t} + \frac{\delta_v}{\lambda_v} + \frac{\delta_f}{\lambda_f}$$

Где $\delta_d, \delta_t, \delta_v, \delta_f$ – соответственно толщина слоя досок, толя, войлока и фанеры;

$\lambda_d, \lambda_t, \lambda_v, \lambda_f$ – соответственно коэффициенты теплопроводности дерева, толя, войлока, и фанеры.

Для более точных расчетов используют эмпирическую формулу О.Е. Власова, учитывающую повышение теплопроводности материалов конструкции опалубки, нагретых теплом бетона, укладываемого в опалубку. Расчетная температура нагрева опалубки определяется как среднеарифметическое значение температуры наружного воздуха и начальной температуры бетона

$$t_{оп}^p = (t'_{б.н.} + t_{н.в.})/2$$

Тогда теплопроводность материалов конструкции опалубки $\lambda_t = \lambda_0(1 + 0,0025 t_{оп}^p)$, где λ_0 – коэффициент теплопроводности материалов опалубки при 0°C (принимается по табл.9).

Таблица 9
Коэффициенты теплопередачи опалубок и
укрытий неопалубленной поверхности бетона
различной конструкции

Тип опалубки	Конструкция и материал опалубки	Толщина слоя, мм	Коэффициент К Вт/(м ² °С) при скорости ветра, м/с		
			0	5	15
I	доска	25	2,44	5,2	5,98
II	доска	40	2,03	3,6	3,94
III	доска	25			
III	толь				
	доска	25	1,8	3,0	3,25
	доска	25			
IV	пенопласт	30			
	фанера	4	0,67	0,8	0,82
	доска	25			

Продолжение таблицы 9

V	толь				
	Вата минеральная	50			
	фанера	4	0,87	1,07	1,1
	металл	3			
VI	Вата минеральная	50			
	фанера	4	1,02	1,27	1,33
	фанера	10			
VII	асбест	4			
	фанера	10	2,44	5,1	5,8
	толь				
VIII	опилки	100	0,74	0,89	0,9
	толь				
IX	шлак	150	1,27	1,77	1,87
	толь				
X	Вата минеральная	50	1,01	1,31	1,37

Продолжительность остывания бетона (τ) может быть определена по формуле Б.Г.Скрамтаева

$$\tau = \frac{C_b \gamma_b (t_{bn} - t_{bk}) + ЦЭ}{KM_n (t_{bc} - t_{nn})}, \text{ час,}$$

где C_b - удельная теплоемкость бетона, кДж/(кг град) (принимается 1,0467 кДж/кг град); γ_b - плотность бетона, кг/м³ (по заданию); t_{bn} , t_{bk} , t_{bc} - температура бетона соответственно начальная (по окончании его укладки в опалубку), конечная (в конце выдерживания) и средняя (за время остывания), °С; t_{nb} - температура наружного воздуха средняя за сутки, °С; Ц – содержание цемента в бетоне, кг/м³; Э – тепловыделение 1 кг цемента за время выдерживания бетона, кДж/кг (табл.10; К – коэффициент теплопередачи опалубки, Вт/(м² С⁰) (табл.9); M_n – модуль поверхности конструкции, м, $M_n = F/V$, где F=

поверхность ограждения (опалубки)+ открытая поверхность, м²; V- объем конструкции, м³.

Средняя температура бетона за время остывания вычисляется по формуле

$$t_{бс} = t_{бн} / [1,03 + 0,181 M_{п} + 0,006 (t_{бн} - t_{бк})], \text{ } ^\circ\text{C}$$

Таблица 10

Тепловыделение цементов, кДж/кг

Вид и марки	Температура, °С	Продолжительность твердения, сут.							
			0,5	1	2	3	7	14	28
Портландцемент марки 400	5	-	-	29	63	109	188	209	25
	10	12	25	50	105	146	209	251	1
	20	42	67	105	167	209	272	314	29
	40	84	134	188	230	272	314	335	3
	60	130	188	230	272	314	335	-	33
Портландцемент марки 500 и 600	5	12	25	42	125	89	188	230	27
	10	25	42	63	105	167	251	293	2
	20	42	84	125	188	251	292	335	31
	40	105	167	209	272	293	356	377	4
	60	188	230	272	314	356	372	-	37
									-
									-

Таблица 11

Кинетика набора прочности бетоном классов В15...В22,5 на портландцементе М-400 и М-500

Срок твердения, сутки	Прочность бетона в % от R ₂₈ при твердении в нормальных условиях									
	Средняя температура бетона, град									
	1		5		10		15		20	
	M400	M500	M400	M500	M400	M500	M400	M500	M400	M500
3	14	17	21	22	29	30	34	37	46	48
7	27	35	37	43	47	52	55	61	64	68
10	36	46	47	55	57	65	67	75	75	82
28	70	75	80	86	91	95	100	100	100	100

Вычислив по формуле Б.Г. Скрамтаева продолжительность остывания, находят, исходя из средней температуры остывания, прочность бетона в % от R₂₈ к концу периода остывания по таблице 11 и сопоставляют ее с требуемой критической для распалубки и допустимости замораживания конструкции.

Таблица 12

**Коэффициенты теплопередачи опалубки и
Укрытия неопалубленных поверхностей, Вт/(м²·°С)**

Конструкция ограждения, толщина материала	Скорость ветра, м/с				
	0	3	5	10	15
Доска 25 мм	2,44	4,55	5,22	6,61	5,97
40 мм	2,01	3,1	3,6	3,78	3,94
Сталь до 6 мм (или водостойкая фанера до 12 мм)+ Минераловатные плиты 50 мм + фанера толщиной 4 мм (или кровельная сталь)	1	1,18	1,28	1,31	1,33
Толь+опилки сухие, 100 мм	0,74	0,85	0,89	0,9	0,9
Толь+минеральная вата (минераловатные плиты), 50 мм	1,01	1,2	1,3	1,33	1,35

Рекомендуемая литература:

1. Возведение монолитных конструкций зданий и сооружений. Б.И. Березовский и др. М. Стройиздат, 1981, 335с.
2. Руководство по зимнему бетонированию с применением метода термоса. М. СИ.1975.
3. СНИП Ш-15-76. Бетонные и железобетонные конструкции монолитные. Правила производства
- 4.
5. и приемки работ.
6. Технология строительного производства. Учебник для вузов. С.С. Атаев и др. М. СИ. 1984, 559с
7. ЕниР сб.4 Монтаж сборных и устройство монолитных железобетонных конструкций. Вып.1.
8. Бетонные и железобетонные работы. Справочник строителя. Под ред. В.Д. Топчия. М. СИ.1987, 320с.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта на тему:
«Возведение железобетонных монолитных
конструкций в зимних условиях»

Составители: Диденкул А.С.
Овчаренко Н.С.

Redactor : Enache Irina

Bun de tipar 10.05.07.	Formatul hârtiei 60x84 1/16.
Hârtie ofset. Tipar Riso.	Tirajul 100 ex.
Coli de tipar 1,75	Comanda nr.71

U.T.M., 2004, Chişinău, bd. Ştefan cel Mare, 168.
Secţia Redactare şi Editare a U.T.M.
2068, Chişinău, str. Studenţilor, 9/9.

ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ МОЛДОВЫ

Диденкул А.С.
Овчаренко Н.С.

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ

к выполнению курсового проекта на тему:
«Возведение железобетонных монолитных
конструкций в зимних условиях»

Кишинэу
У.Т.М.
2007